

# La energía atómica en la Educación Secundaria Obligatoria

Antonio García Carmona y Ana María Criado

*In this paper, we present the results and conclusions of an exploratory study on Science-Technology-Society-Environment (STSE) approach, introduced in teaching of nuclear power in Secondary School.*

*“¿Cómo nos organizamos para que las armas nucleares –como la esclavitud o el genocidio– se consideren como un tabú o una anomalía histórica?”*

MOHAMED EL BARADEI, Premio Nobel de la Paz 2005

## 1. Introducción

Uno de los asuntos de mayor controversia en la actualidad, a escala mundial, es el de la producción de energía atómica o nuclear (Campbell, 2003). Entre los motivos del debate se encuentran, por un lado, la proliferación de proyectos nucleares, con fines militares, el riesgo de su producción y control en las centrales nucleares, y el impacto medio ambiental de los residuos radiactivos que se generan. Por otro, y en contraposición a esto último, existe un intenso pronunciamiento de los foros pronucleares en favor del uso de esta energía, con el argumento de que es la mejor solución ante los altos precios de petróleo y los graves problemas de contaminación actuales. Sea como fuere, la cuestión es que la sociedad presenta una actitud de desconfianza, bastante generalizada, hacia la producción de energía nuclear (Pliego *et al.*, 2004); entre otras razones, porque suele relacionarse con el horror y la destrucción. Además, aún están muy presentes los efectos catastróficos de las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki (1945), y el accidente nuclear de Chernobyl (1986). Sin duda, todo ello origina en los ciudadanos opiniones subjetivas, que no contribuyen al análisis coherente de la utilidad del fenómeno radiactivo y sus aplicaciones. En consecuencia, se hace necesario abordar el tema desde todas sus perspectivas, y a partir de los niveles básicos de la educación, con el fin de que la ciudadanía se forje de una opinión lo más fundamentada posible (Sánchez del Río, 2004).

La enseñanza de la radiactividad y la energía atómica se inicia a partir de 3º de ESO (14-15 años), dentro del currículo de Física y Química; y preocupados por su tratamiento didáctico, nos planteamos indagar qué aspectos o **relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA)** se introducen cuando se aborda su enseñanza en dicho curso escolar.

## 2. Procedimiento

El estudio realizado consistió en un análisis descriptivo de la presencia de contenidos CTSA, relativos a la energía atómica –y al fenómeno radiactivo, en general–, en los libros de texto de Física y Química de 3º de ESO. Para ello, se esta-

blecieron unos criterios de análisis, tomando como referente los utilizados en investigaciones precedentes (Malaver, Pujol y D’Alessandro, 2004), acerca de la integración de contenidos o aspectos CTSA en libros de texto científicos. Estos criterios se detallan en el tabla 1.

<b>Criterio 1:</b>	Aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear	a) Producción de energía eléctrica. b) Datación mediante el C-14. c) Aplicaciones de los isótopos radiactivos en medicina. d) Aplicaciones industriales (detección de desgastes y averías de maquinarias,...).
<b>Criterio 2:</b>	Influencia de la ciencia y la tecnología nucleares en la política, la economía y el comportamiento social (y viceversa).	
<b>Criterio 3:</b>	Desarrollo de la ciencia atómica y nuclear, y su incidencia en la Historia y en la evolución del conocimiento y la cultura de la humanidad	a) Influencia de la ciencia atómica y nuclear en el pensamiento y la cultura. b) Antecedentes e incidencias de la ciencia atómica y nuclear en la Historia. c) Construcción y desarrollo del conocimiento en ciencia atómica y nuclear.
<b>Criterio 4:</b>	Impacto ambiental de la energía nuclear y de los residuos radiactivos.	
<b>Criterio 5:</b>	Ciencia nuclear como producto del trabajo colectivo, e independientemente del género de los científicos.	a) La mujer en la ciencia nuclear. b) El trabajo en equipo.
<b>Criterio 6.</b>	Beneficios vs. Perjuicios de la energía nuclear	

**Tabla 1.** Criterios para el análisis de la presencia de contenidos CTSA, relativos a la energía atómica o nuclear, en los libros de texto de Física y Química de ESO.

Se analizaron 11 libros de texto de las editoriales más utilizadas en Física y Química de 3º de ESO, a lo largo de la última década en la Comunidad Autónoma de Andalucía (tabla 2). Es necesario aclarar, al respecto, que parte de los textos de la muestra ya no están en el mercado, después de que, en 2002, se reestructuraran los contenidos mínimos de Física y Química de la ESO (Decreto 148/2002, de 14 de mayo, que modifica al Decreto 106/1992, de 9 de junio). Si bien, su inclusión en el análisis se hizo con idea de comprobar si ha habido alguna evolución en el tratamiento CTSA de la energía atómica, desde que la etapa obligatoria de la Educación Secundaria se pusiera en marcha, a principios de los '90, en España.

## 3. Análisis

Con objeto de ofrecer una visión global de la situación, en la tabla 3 se muestran los criterios o contenidos CTSA incluidos en cada uno de los textos analizados, cuando abordan la energía atómica. Se observa que los que introducen mayor cantidad de tales contenidos son el texto [8], con la práctica totalidad de los mismos, y el texto [2] con un 75%;

mientras que los que menos inciden en ellos son los textos [1] y [4], con una cuarta parte, y menos, de los contenidos CTSA definidos. El resto de textos abordan entre un 40 y un 70% de dichos aspectos o contenidos.

Resulta significativo, también, que los textos que incluyen mayor cantidad de contenidos CTSA, relativos a la energía atómica, fueron editados antes de la reforma del currículo de Física y Química de la ESO, en 2002; por lo que están en desuso.

A continuación, se analiza el tratamiento didáctico que se da a cada uno de los contenidos CTSA en la muestra de textos seleccionada.

### 3.1. Aplicaciones tecnológicas de la energía atómica

La inclusión de la dimensión tecnológica en la educación científica es fundamental, ya que ello genera en los alumnos una imagen más adecuada de la actividad científica, y, sobre todo, una visión de la unidad que constituyen ambas actividades (Valdés *et al.*, 2002). La energía atómica tiene numerosas aplicaciones tecnológicas: producción de energía eléctrica en centrales nucleares (criterio 1.a), datación de restos arqueológicos mediante el análisis de desintegración radiactiva del C-14 (criterio 1.b), uso de isótopos radiactivos en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades (criterio 1.c), detección de desgastes y averías en maquinarias industriales, etc (criterio 1.d).

De las aplicaciones anteriores, las que aparecen con mayor frecuencia en los textos son la producción de energía eléctrica, en centrales nucleares, y el uso de isótopos radiactivos en medicina. Ambas se incluyen en la mitad de los textos como contenido básico, si bien, en las secciones complementarias o de ampliación, la producción de electricidad es la más frecuente.

La datación de restos mediante el C-14 es introducida como contenido declarativo en la cuarta parte de los textos; sin embargo, su presencia es algo mayor en las secciones de ampliación de contenidos. Igualmente, las aplicaciones industriales de la radiactividad se introducen con poca frecuencia; sólo la cuarta parte de los textos lo hace, bien como contenido básico, o como información complementaria. Un ejemplo de la inclusión de aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear en los textos analizados:

*“En la industria, los isótopos radiactivos se utilizan para localizar zonas de desgaste de piezas de maquinaria, lugares de obstrucción de conductos, etc. En química sirven para investigar mecanismos de reacción, y el mismo papel hacen en medicina cuando permiten seguir el funcionamiento de glándulas o de rutas metabólicas. El Co-60 se utiliza en el tratamiento del cáncer, y el C-14 permite datar restos orgánicos.”* (Texto [5]. Tema “La estructura atómica”, p. 37; contenido declarativo básico).

- [1] AGAPITO, M. V. *et al.* (1999). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: Santillana.
- [2] ANTÓN, J.L., DE LA CRUZ, M.C. Y GONZÁLEZ, F. (1994). *Física-Química 3º ESO*. Madrid: Editex.
- [3] CAÑAS, A., FERNÁNDEZ, M. Y SORIANO, J. (2002). *Física y Química 3º de ESO*. Proyecto Ecosfera. Madrid: SM.
- [4] CRESPO, E. *et al.* (1997). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: Akal.
- [5] DOMÉNECH, J.L. *et al.* (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Alicante: Marfil.
- [6] GUADIEL GRUPO-EDEBÉ (2002). *Física y Química 3 (3º de ESO)*. Sevilla: Guadiel.
- [7] MORALES, J.V., ARRIBAS, C. Y LÓPEZ, V. (2002). *Física y Química 3º de ESO*. Zaragoza: Edelvives.
- [8] PEÑA, A., *et al.* (1997). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: McGraw-Hill.
- [9] PIÑAR, I. (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Navarra: Oxford.
- [10] PUENTE, J., VIGUERA, J.A. Y GONZALO, P. (2002). *Física y Química 3º de ESO*. Proyecto Newton. Madrid: SM.
- [11] SACOTA, J. Y VISQUERT, J.J. (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Vizcaya: Anaya.

**Tabla 2.** Relación de libros de textos analizados.

### 3.2. Aspectos socio-económicos y políticos relacionados con la energía atómica

Uno de los aspectos básicos del movimiento educativo CTSA es el estudio de las circunstancias políticas, sociales y económicas que influyen en el desarrollo científico-tecnológico (y viceversa). Se trata de que el alumnado logre comprender y, sobre todo, intervenir socialmente –con criterio científico– en cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales, que surgen en torno a la actividad científico-tecnológica. En el caso de la energía nuclear, dichos aspectos son esenciales (criterio 2); no en vano, su desarrollo ha sido, y continúa siendo, uno de los episodios más controvertidos de la historia reciente de la humanidad (Webster, 2002). Aún así, sólo la cuarta parte de los textos incluye la perspectiva socio-económica y/o política de la energía nuclear como un contenido básico. Y algo menos del 10% de los textos hace referencia a ello en secciones complementarias o de ampliación del tema. Ejemplo de tal tratamiento:

*“Hoy día, la energía tiene un importancia trascendental en el desarrollo industrial y en el crecimiento económico. Tanto es así, que el consumo energético es uno de los principales indicadores del nivel de vida de un país [...]. Así, los países del primer mundo consumen el 90% de la energía producida en el planeta. La obtención de energía nuclear es cara [...], de modo que es preciso hacer un uso cada vez más racional de ella, con el fin de ahorrarla.”* [No cursiva añadida] (Texto [5]. Tema “La industria química”, p. 142; contenido declarativo)

### 3.3. Historia y desarrollo de la ciencia atómica. Su papel en la historia de la humanidad

La integración de la historia de la Ciencia en la educación CTSA, permite mostrar la Ciencia como un proceso de construcción permanente, condicionado por las circunstancias de cada época (Matthews, 1994), que le confieren una subjetividad intrínseca importante. Así, los alumnos pueden conocer los problemas a los que se han enfrentado los científicos, a lo largo de la historia, cómo superaron esas dificultades y qué conclusiones obtuvieron de ello. Además, ello propicia la imagen de una Ciencia no dogmática, con carácter interdisciplinar, que promueve la reflexión crítica hacia los problemas sociales asociados a su desarrollo.

Textos	1.a	1.b	1.c	1.d	2	3.a	3.b	3.c	4	5.a	5.b	6	Porcentaje de contenidos
[8]	X	X	X	X	X	–	X	X	X	X	X	X	91,7%
[2]	X	X	X	X	X	–	X	X	X	–	–	X	75,0%
[6]	X	–	X	–	–	–	X	X	X	X	X	X	66,7%
[11]	X	X	X	X	–	–	X	X	X	–	–	X	66,7%
[9]	X	X	X	X	–	X	X	–	X	–	–	X	66,7%
[10]	X	X	X	X	–	–	–	–	X	–	–	X	50,0%
[5]	X	–	–	–	X	–	X	X	–	X	–	–	41,7%
[7]	–	X	X	–	–	–	X	–	X	–	–	X	41,7%
[3]	X	–	–	–	X	–	–	–	X	–	–	X	33,3%
[4]	X	–	–	–	–	–	–	–	X	–	–	X	25,0%
[1]	X	–	–	–	–	–	–	–	X	–	–	–	16,7%

X: Aparece el aspecto o contenido.  
 –: No aparece el aspecto o contenido.  
 1.a: Producción de energía eléctrica en centrales nucleares.  
 1.b: Datación de restos mediante C-14.  
 1.c: Aplicaciones médicas de los isótopos radiactivos.  
 1.d: Aplicaciones industriales de la radiactividad.  
 2: Influencia de la ciencia y la tecnología nucleares en la política, la socio-economía y viceversa.  
 3.a: Influencia de la ciencia atómica y nuclear en el pensamiento y la cultura.  
 3.b: Historia de la ciencia atómica y nuclear.  
 3.c: Evolución del conocimiento científico en la ciencia atómica y nuclear.  
 4: Problemas medioambientales relacionados con la producción de energía nuclear.  
 5.a: La mujer en la ciencia nuclear.  
 5.b: El trabajo en equipo.  
 6: Beneficios frente a perjuicios de la producción de energía nuclear.

**Tabla 3.** Presencia de contenidos CTSA, referidos al estudio de la energía atómica o nuclear, en los textos analizados.

El estudio del átomo es uno de los episodios más interesantes de la historia de la Ciencia. Su origen se remonta a la antigua Grecia y las distintas concepciones del átomo han tenido una influencia notoria en el pensamiento filosófico y cultural de la humanidad (criterio 3.a). Aún así, son escasos (inferior al 10%) los textos que introducen algún episodio dedicado a esta influencia en el pensamiento humano; además, lo hacen como parte de la información complementaria.

Sí se observa una mayor atención a la historia de la ciencia nuclear y a sus relaciones con la Historia de la humanidad (criterio 3.b). La décima parte de los textos la introduce en la presentación del tema, una cuarta parte lo hace como parte del contenido básico (declarativo) del tema, y un tercio de los mismos como complemento o ampliación. El episodio histórico tratado con mayor frecuencia es el descubrimiento de la radiactividad:

*“[...] Este fenómeno fue descubierto casualmente por H. Becquerel, en 1896, cuando observó que una placa fotográfica envuelta en un papel negro y guardada junto a un frasco que contenía sales de uranio, se había ennegrecido como si hubiese sido impresionada.”* (Texto [9]. Tema “El átomo”, p. 66; ampliación del tema).

El evento histórico relacionado con la ciencia nuclear, tratado con menos frecuencia en los textos –pese a su gran trascendencia en el curso de la humanidad–, es el referido al papel desempeñado por la misma en la Segunda Guerra Mundial:

*“La reacción nuclear de fisión es la utilizada hoy en día en todas las centrales nucleares y la que se usó en las tristemente famosas bombas atómicas. Se descubrió durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) en Estados Unidos, país empujado por la necesidad de fabricarla antes que la Alemania nazi, dirigida por Hitler, que también la buscaba.”* (Texto [7]. Tema “La Química en la Sociedad”, p. 132; contenido declarativo)

En cuanto a la evolución del conocimiento en ciencia atómica y nuclear (criterio 3.c), pocos son los textos que la aluden: la décima parte de la muestra lo hace en la presentación del tema, y una quinta parte como contenido básico o de ampliación del tema. El aspecto tratado con más frecuencia en éstos es la evolución de los modelos atómicos, indicándose las limitaciones de los mismos, y la necesidad de proponer otros nuevos:

*“[...] La hipótesis de Rutherford sólo podía sostenerse si el electrón giraba alrededor del núcleo. Sin embargo, esta hipótesis creaba un nuevo problema [...]. A partir de esto, el danés Niels Bohr ensambló la idea del átomo nuclear con un nuevo esquema conceptual que empezaba a abrirse camino en Europa: la Física Cuántica.”* (Texto [9]. Tema “El átomo”, p. 63; contenido declarativo)

También referido al criterio 3.c, algunos textos hacen alusión a los retos actuales de la ciencia y tecnología nucleares:

*“Gran parte de los inconvenientes propios de las centrales nucleares quedarían eliminados si consiguiera ponerse en*

*funcionamiento un reactor nuclear de fusión [...] (p. 132). Es una energía prácticamente inagotable y poco contaminante, que puede resolver en el futuro los problemas energéticos de la humanidad (p. 150).*" (Texto [10]. Temas "Química, Sociedad y Medio Ambiente" y "La energía"; contenido declarativo).

*"La creación por primera vez en la historia de átomos de antimateria abre las puertas a la ciencia del futuro [...]. El hecho se produjo [...] en el Laboratorio Europeo de Partículas (CERN), gracias al esfuerzo de un equipo de científicos italianos y alemanes [...]."* (Texto [5]. Tema "La estructura atómica", p. 42; lectura suplementaria)

### 3.4. Impacto medio ambiental de la energía atómica

El control y almacenamiento de los residuos radiactivos (criterio 4) es, junto con el efecto invernadero, uno de los mayores problemas medioambientales de nuestro planeta actualmente. En el análisis efectuado, se observa que algo menos de la mitad de los textos introduce este problema como un contenido básico y/o en la ampliación de información; mientras que una décima parte lo trata en la introducción a la unidad didáctica correspondiente. El aspecto incluido con mayor frecuencia es el accidente nuclear de Chernobyl:

*"Al producirse el accidente de Chernobyl, en Ucrania, quedó al descubierto gran cantidad de material radiactivo, que era arrastrado a la atmósfera al arder el grafito utilizado como moderador en el reactor. [...] se califica como la mayor pesadilla de la industria nuclear."* (Texto [11]. Tema "Estructura atómica de la materia", p. 70; información complementaria)

La contribución de la mujer al desarrollo de la ciencia nuclear (criterio 5.b), sólo es aludida por la quinta parte de los textos como parte integrante de los contenidos básicos. En estos no se promueve un debate en torno a las causas y consecuencias de la situación de la mujer en la Ciencia, y sólo se limitan a resaltar la figura de Marie Curie:

*"En 1993 Marie Curie presentó su trabajo sobre la radiactividad como tesis doctoral y recibió, además del título de doctora, dos premios Nobel: en 1903, con Pierre Curie y Henri Becquerel, el premio Nobel de Física por sus estudios de las radiaciones de uranio, y en 1911 el de Química por el descubrimiento del polonio y el radio."* (Texto [8]. Tema "Estructura atómica", p. 41; lectura complementaria)

En el conjunto de textos anteriores también se aborda, de manera explícita, el problema derivado del almacenamiento de los residuos radiactivos, a corto y a largo plazo:

*"El problema que se les plantea a los países que utilizan este tipo de recurso es qué hacer con unos residuos que pueden permanecer activo miles de años y afectar, por tanto, a varias generaciones. [...] La mayoría de los residuos proceden de las centrales nucleares y si al problema de su eliminación añadimos el hecho de que la energía nuclear no resulta tan barata como se pensaba, y que acarrea [...] elevados riesgos medioambientales [...]."* (Texto [9]. Tema "El átomo", p. 67; información complementaria)

### 3.6. Beneficios frente a perjuicios de la energía atómica

Como ya se mencionó al principio, la educación CTSA intenta promover en el alumnado una serie de actitudes y valores, que le permitan ser críticos y responsables ante situaciones de controversia, derivadas del desarrollo científico-tecnológico. Por ello, estimamos interesante analizar cómo promueven los textos el debate en torno a la producción de energía nuclear (criterio 6). En la revisión encontramos que sólo la mitad de los textos cita, en un mismo contexto, los beneficios y posibles riesgos de la generación de energía nuclear como parte de los contenidos básicos del tema y/o en la ampliación de información. Ejemplo de este tratamiento en los textos:

*"El funcionamiento de estas instalaciones exige reducir la velocidad de reacción y controlar rigurosamente las emisiones radiactivas, que son extraordinariamente peligrosas para los seres vivos, ya que pueden producir importantes alteraciones en sus células. Sin embargo, ciertos isótopos radiactivos son utilizados, con las precauciones necesarias, en diversas áreas de la investigación médica, científica y tecnológica, como la radioterapia en el tratamiento del cáncer."* (Texto [6]. Tema "Química y Sociedad", p. 197; contenido declarativo)

### 3.5. Desarrollo de la ciencia atómica y nuclear como producto del trabajo colectivo

Uno de los objetivos básicos del enfoque CTSA es mostrar la Ciencia como una construcción humana, que es producto del trabajo colectivo. Respecto a esto último, se hace necesario destacar también el papel de la mujer en el desarrollo científico, porque, a parte de hacer justicia a sus aportaciones, se contribuye a derrumbar la creencia de que la Ciencia es una parcela sólo reservada a hombres (Fernández Rius, 2000). En tal sentido, la *coeducación* (o educación en igualdad de género) debe ocupar un lugar destacado en la enseñanza de las Ciencias.

El trabajo en equipo de los científicos, en el desarrollo de la ciencia atómica y nuclear (criterio 5.a), es abordado en la tercera parte de los textos, y la mayoría de ellos lo hace a través de información complementaria. Pero no llega al 10% el conjunto de textos que lo introducen como contenido básico durante el desarrollo de la unidad didáctica. Ejemplo del tratamiento del criterio 5.a en los textos:

## 4. Conclusiones

Con el análisis efectuado, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Se observa gran heterogeneidad en los textos respecto a la atención de aspectos CTSA (diferenciados conforme a los criterios de análisis establecidos) en el estudio de la energía atómica; desde los que introducen más del 75% de dichos aspectos, hasta los que no llegan a la cuarta parte los mismos. Además, se observan dos tendencias claramente diferenciadas en los textos, y en semejante proporción (casi mitad y mitad en la muestra analizada), a la hora de incluir tales contenidos: a) los que, de forma

- predominante, integran el enfoque CTSA durante el desarrollo de los contenidos básicos de la energía nuclear; y b) los que suelen relegar dichos aspectos a las secciones de ampliación o suplementos de la unidad didáctica. De esta última se deduce que los contenidos CTSA no son considerados como fundamentales sino accesorios. Asimismo, ambas tendencias ponen en evidencia la ausencia de unanimidad en la planificación de una *alfabetización científica y tecnológica* en torno a la energía atómica o nuclear (interacciones CTSA).
2. La generación de energía eléctrica en centrales nucleares, y el uso de isótopos radiactivos en medicina, son las aplicaciones tecnológicas introducidas con mayor frecuencia en los textos. Si bien, se observa una baja presencia (en torno a la cuarta parte de los textos) de los aspectos socio-económicos y/o políticos relacionados con la energía nuclear; sobre todo, teniendo en cuenta que dichos aspectos son de los más controvertidos de la historia reciente de la humanidad.
  3. La construcción y el desarrollo de la ciencia atómica y nuclear, y su influencia en la Historia, es atendida en, prácticamente, un tercio de los textos. El episodio tratado con mayor frecuencia es el relativo al descubrimiento de la radiactividad por Becquerel. Sin embargo, en gran parte de los textos se omite la evolución histórica del conocimiento en la ciencia atómica nuclear. Igualmente se olvida uno de los pasajes más relevantes de la historia reciente de la humanidad, que tiene relación con la ciencia atómica: la carrera nuclear y su desenlace en la Segunda Guerra Mundial. Ello da idea de que se presenta la energía nuclear desligada de los acontecimientos históricos en los que ha tenido una crucial influencia.
  4. El control de residuos radiactivos, como uno de los mayores problemas medioambientales, no es considerado –en algo más de la mitad de los textos consultados– como un contenido fundamental en el estudio de la energía atómica.
  5. Los logros alcanzados en la ciencia atómica y nuclear, como una consecuencia del trabajo colectivo de los científicos, sólo es abordado por la tercera parte de los textos. Pero aún es menor (inferior a la quinta parte) el número de textos que contribuye a la *coeducación*, es decir, resaltar el papel de la mujer en el desarrollo la ciencia nuclear, y de la ciencia en general. Además, sólo se limitan a exponer la biografía de Marie Curie.
  6. Destacable es, también, el hecho de que poco más de la mitad de los textos introduce como contenido básico los beneficios y perjuicios –tanto potenciales como constatados– de la generación de energía nuclear.
  7. No menos significativo es el anquilosamiento del tratamiento de la energía atómica, en los textos de Física y Química de la ESO, a lo largo de la última década.
- Encontramos que los editados a partir de la reforma de 2002 se han limitado, prácticamente, a introducir algunas modificaciones en la organización de los contenidos de la energía atómica, pero no en el tipo ni en su tratamiento didáctico. Pero es más, de los textos analizados, los que hacen mayor incidencia en el tema fueron editados antes de la reforma, y, por tanto, ya no están en el mercado.
- En definitiva, pensamos que en la educación científica de los adolescentes (andaluces, al menos) no se está prestando la suficiente atención a las interacciones CTSA, surgidas en torno a la energía atómica; aun cuando se trata de uno de los temas de mayor polémica a escala internacional. En consecuencia, se hace necesario animar al profesorado a que tome cartas en el asunto (por ejemplo, integrando la temática en sus programaciones y diseñando sus propios materiales didácticos), ya que su inclusión y tratamiento en el aula contribuye al desarrollo de valores y actitudes fundamentadas en el alumnado, ante conflictos que surgen en torno a los avances científico-tecnológicos.

## Referencias

- [1] CAMPBELL, P. (2003). Should nuclear energy form part of the UK's energy future? *Physics Education* **38**, pp. 143-149.
- [2] FERNÁNDEZ RIUS, L. (2000). Roles de género-Mujeres Académicas: ¿Conflictos? III Congreso Internacional Multidisciplinario sobre Mujer, Ciencia y Tecnología. Panamá, 27, 28 y 29 julio de 2000. En línea: <http://www.campus-oei.org/salactsi/lourdes.htm>.
- [3] MALAVER, M., PUJOL, R. y D'ALESSANDRO, A. (2004). Los estilos de prosa y el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en textos universitarios de Química General. *Enseñanza de las Ciencias* **22**(3), 441-454.
- [4] MATTHEWS, M. R. (1994). History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement. *Enseñanza de las Ciencias* **12**(2), 255-277.
- [5] PLIEGO, O. H. et al. (2004). Las actitudes de los estudiantes universitarios hacia el fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. *Educación Química* **15**(2), 142-148.
- [6] SÁNCHEZ DEL RÍO, C. (2004). La aversión a la energía nuclear. Boletín Informativo del Instituto de España 1, pp. 7-8. En línea: [http://boletin.insde.es/pages/seccion/pdfdwld/boletin\\_01.pdf](http://boletin.insde.es/pages/seccion/pdfdwld/boletin_01.pdf).
- [7] VALDÉS, P. et al. (2002). Implicaciones de las relaciones Ciencia-Tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación* **28**, 101-128.
- [8] WEBSTER, A. J. (2003). Fusion: Power for the future. *Physics Education* **38**, 135-142.

**Antonio García Carmona**

*está en el Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac.  
Sevilla*

**Ana María Criado**

*está en Dpto. de Didáctica de las Ciencias.  
Universidad de Sevilla. Grupo GAIA*